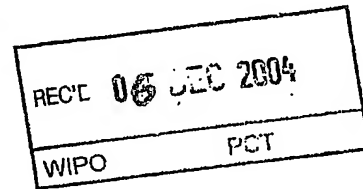


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 04/2252

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 47 345.9

Anmeldetag:

11. Oktober 2003

Anmelder/Inhaber:

KLN Ultraschall GmbH, 64646 Heppenheim/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Anordnung zum Reibungsschweißen

IPC:

B 23 K 20/12

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY



5 KLN Ultraschall GmbH, D-64646 Heppenheim

Verfahren und Anordnung zum Reibungsschweißen
10

Beschreibung

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum
Reibungsschweißen, bei welchen eines der zu verbindenden
Teile mit Hilfe eines elektromagnetischen Schwingers in
20 Schwingung versetzt wird.

Beim Verbinden von Teilen durch Reibungsschweißen wird
Wärme dadurch erzeugt, dass die zu verbindenden Teile
gegeneinander bei gleichzeitigem Gegeneinanderpressen
gerieben werden. Dies hat den Vorteil, dass die Wärme
25 unmittelbar an den miteinander zu verbindenden Flächen
entsteht und nicht erst durch die Teile hindurch zur
Schweißstelle transportiert werden muss. Zum Erzeugen der
Reibungswärme dient ein elektromagnetischer Schwinger, der
30 mit einer Aufnahme für das eine zu verbindende Teil
versehen ist, während das andere Teil von einem Hubtisch
herangeführt und angepresst wird.

Zum Antrieb des Schwingers wird von einem Generator ein
35 Wechselstrom erzeugt, dessen Frequenz der halben

Resonanzfrequenz des Schwingers entspricht. Da diese auch von der Werkstückaufnahme am Schwinger abhängt, ist bei bekannten Vorrichtungen nach einem Wechsel der Werkstückaufnahme ein Abgleich der Frequenz erforderlich.

5 Dazu ist bei einer aus EP 0 481 825 A2 bekannten Vorrichtung vorgesehen, dass von einem Mikroprozessor die Arbeitsfrequenz des Generators solange verändert wird, bis die Stromstärke bei einer vorgegebenen Schwingungsamplitude minimal ist. Dabei vergeht jedoch Zeit, in welcher die

10 Vorrichtung nicht optimal arbeitet. Um dieses zu verbessern, ist bei der bekannten Vorrichtung weiterhin vorgesehen, dass die frequenzabhängige Stromkurve für ein bestimmtes Werkzeug ermittelt und als Referenz gespeichert wird. Damit wird jedoch insgesamt noch nicht eine möglichst

15 kurze Schwingzeit erreicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine kurze Schweißprozesszeit dadurch, dass nach einem geregelten Anschwingen und einer vorgebbaren Schwingzeit der Schwinger

20 elektrisch abgebremst wird. Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf der Erkenntnis, dass die Vibration möglichst unmittelbar nach dem Fügevorgang beendet wird, damit eine Beeinträchtigung der bereits erfolgten Verbindung vermieden wird. Außerdem wird durch das geregelte Anschwingen

25 sichergestellt, dass sich die Resonanzfrequenz unmittelbar vollautomatisch einstellt.

Diese Vorteile sind bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch besonders ausgeprägt,

30 dass das Anschwingen und das Abbremsen durch abwechselndes Bestromen zweier entgegengesetzt wirkender Elektromagnete erfolgt, dass in Abhängigkeit von der jeweiligen Bewegungsrichtung des Schwingers beim Anschwingen ein die Bewegung unterstützender Elektromagnet und beim Abbremsen

35 ein die jeweilige Bewegung hemmender Elektromagnet bestromt

wird und dass während des Abbremsens bei Erreichen einer vorgegebenen Schwingungsamplitude die Bestromung abgeschaltet wird.

- 5 Das Abschalten der Bestromung bei Erreichen einer vorgegebenen Schwingungsamplitude verhindert ein Wiederanschwingen mit entgegengesetzter Phasenlage. Dabei wird die vorgegebene Schwingungsamplitude derart gewählt, dass während des nunmehr lediglich durch die mechanische
- 10 Dämpfung bestimmten Ausschwingens die Fügestelle nicht überlastet wird.

- Je nach Voraussetzungen im Einzelnen kann der eingeschwungene Zustand für eine jeweils zu bestimmende
- 15 Zeit aufrechterhalten werden. Besonders gute Ergebnisse haben sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dann gezeigt, wenn das Anschwingen und das Abbremsen jeweils kürzer als 80 ms sind.

- 20 Bei einer erfindungsgemäßen Anordnung ist vorgesehen, dass ein Ausgang eines die jeweilige Position des Schwingers aufnehmenden Wegsensors mit einem Eingang eines Reglers verbunden ist, der ausgangsseitig an Eingänge einer Leistungsendstufe zur Bestromung der Elektromagnete
- 25 angeschlossen ist. Diese Anordnung ermöglicht in besonders einfacher Weise ein geregeltes Anschwingen, ohne dass ein Generator vorhanden ist, der erst auf einer eventuell falschen Frequenz anschwingt und danach synchronisiert werden muss.

- 30 Vorzugsweise ist bei der erfindungsgemäßen Anordnung vorgesehen, dass der Regler die Leistungsendstufe derart ansteuert, dass in Abhängigkeit von der jeweiligen Bewegungsrichtung des Schwingers ein die Bewegung
- 35 unterstützender Elektromagnet bestromt wird.

Durch eine Weiterbildung dieser Anordnung kann eine vorteilhafte Durchführung des Bremsvorgangs dadurch erfolgen, dass zum Abbremsen ein die jeweilige Bewegung hemmender Elektromagnet bestromt wird und dass während des Abbremsens bei Erreichen einer vorgegebenen Schwingungsamplitude die Bestromung abgeschaltet wird. Dadurch kann der Übergang vom Anschwingen bzw. vom eingeschwungenen Zustand zum Abbremsen in einfacher Weise durch Umschalten der Leistungsendstufe bewirkt werden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass die Leistungsendstufe von einem ersten Brückenweig aus zwei in Reihe geschalteten Halbleiterschaltern mit parallel geschalteten Freilaufdiolen und zwei weiteren Brückenweigen aus je einer Reihenschaltung eines Halbleiterschalters und einer Diode gebildet ist, dass die Spulen der Elektromagnete zwischen den Verbindungspunkt der Halbleiterschalter des ersten Brückenweiges einerseits und jeweils einen Verbindungspunkt der weiteren Brückenweigen andererseits geschaltet sind, dass die Halbleiterschalter des ersten Brückenweiges mit der Schwingfrequenz und die Halbleiterschalter der weiteren Brückenweige mit einer höheren als die Schwingfrequenz pulsbreitenmoduliert oder toleranzbandgeregelt angesteuert werden, wobei sich je nach Regelzustand höhere Frequenzen als die Schwingfrequenz ergeben können.

Wegen bei jedem Schaltvorgang in Halbleiterschaltungen auftretender Verluste und zur Vermeidung elektromagnetischer Störungen ist man bestrebt, die Schaltfrequenzen möglichst gering zu wählen. Das ist mit dieser Ausgestaltung in vorteilhafter Weise möglich. Einige Halbleiterschalter werden mit der Schwingfrequenz,

beispielsweise 270 Hz, geschaltet, andere Halbleiterschalter werden mehrmals pro Schwingung geschaltet, wobei deren Schaltfrequenz im Bereich weniger kHz bleibt. Als Abtastfrequenz für die Erfassung der

5 Istwerte von Strom und Lage ist eine weitere Frequenz von höchstens 15 kHz erforderlich.

Auch wenn bei dieser vorteilhaften Ausgestaltung nicht alle Brückenzeige vollständig mit Halbleiterschaltern

10 ausgestaltet werden müssen, kann es wegen der günstig auf dem Markt zur Verfügung stehenden Baugruppen vorteilhaft sein, wenn die Dioden von Halbleiterschaltern mit parallel geschalteten Freilaufdioden gebildet sind.

15 Durch das häufigere Schalten werden die Halbleiterschalter in den weiteren Brückenzeigen höher als diejenigen im ersten Brückenzeig belastet. Zur Verringerung dieser Belastung kann vorgesehen sein, dass von Arbeitszyklus zu Arbeitszyklus die Bestromung der Elektromagnete über die

20 weiteren Brückenzeige vertauscht wird.

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass Mittel zur

25 Bildung eines Triggersignals zur Bestromung des jeweiligen Elektromagneten derart ausgebildet sind, dass das Triggersignal einen vorbestimmbaren Teil, vorzugsweise einem Viertel, einer Schwingungsdauer nach einem Nulldurchgang der Schwingung auftritt.

30 Im Sinne eines möglichst schnellen Anschwingens kann die erfindungsgemäße Anordnung derart ausgestaltet sein, dass der Regler einen Integralanteil aufweist, der zu Beginn mit einem wesentlichen Wert vorbesetzt ist.

Eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass der Schwinger einschließlich dessen federnder Lagerung und der Werkstückaufnahme, der Wegsensor, der Regler, die Leistungsstufe und die Elektromagnete einen Schwingkreis bilden, dessen Resonanzfrequenz im Wesentlichen von der Eigenfrequenz des Schwingers einschließlich dessen federnder Lagerung und der Werkstückaufnahme bestimmt ist. Dies trägt ebenfalls zu einem schnellen Anschwingen bei.

10

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

15

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 eine bei der erfindungsgemäßen Anordnung besonders vorteilhaft verwendbare Leistungsstufe,

20

Fig. 3 Zeitdiagramme zur Erläuterung des Schwingvorgangs und

25

Fig. 4 eine Darstellung der Leitend-Phasen der Halbleiterschalter der Leistungsstufe.

30

Fig. 1 zeigt die zur Erläuterung der Erfindung notwendigen Teile einer Reibungsschweiß-Vorrichtung. Auf einer Kopfbrücke 1 sind zwei Elektromagnete 2, 3 angeordnet, die einen Schwingrahmen 4 entsprechend der Bestromung jeweils in ihre Richtung ziehen - im Falle des Elektromagneten 2 in Richtung des Pfeils s. Der Schwingrahmen 4 ist an der Kopfbrücke 1 mit Hilfe einer Feder 5 schwingfähig gelagert. Der Schwingrahmen trägt eine Werkstückaufnahme 6, die je nach zu verbindendem Teil ausgeführt ist, und entsprechend

35

ausgewechselt werden kann. Der Schwingrahmen 4, die Feder 5 und die Werkstückaufnahme 6 werden im folgenden auch kurz Schwinger genannt.

- 5 Mit Hilfe von Winkeln 7, 8 ist die Kopfbrücke auf Träger 9, 10 montiert, die Teil einer Maschine sind, die unter anderem in nicht dargestellter Weise eine Aufnahme für das andere zu verbindende Teil trägt, die für den Schweißvorgang an die Werkstückaufnahme 6 angepresst wird.
- 10 Ein Wegaufnehmer 11 misst die jeweilige Position des Schwingrahmens und leitet sie als entsprechendes elektrisches Signal an einen Regler 12 weiter. Ausgangssignale des Reglers 12 werden einer Leistungsendstufe 13 zugeführt, welche bei 14 dreiphasig an
- 15 das Stromnetz angeschlossen ist.

- Ein Beispiel für die Leistungsendstufe 13 ist in Fig. 2 detaillierter dargestellt. Die bei 14 zugeführte Netzspannung wird von einem Dreiphasen-Gleichrichter 15
- 20 gleichgerichtet. Ein Kondensator 16 dient zur Glättung der Gleichspannung sowie zum Puffern der pulsierenden Belastung. Die in Fig. 2 dargestellte Anordnung wird in großen Stückzahlen als Dreiphasen-Umrichter hergestellt. Ein darin enthaltener in Fig. 2 nicht gezeigter Prozessor
- 25 braucht zur Realisierung der Erfindung nur in geeigneter Weise programmiert zu werden.

- Die Leistungsendstufe wird von jeweils zwei in Reihe geschalteten Leistungstransistoren T1, T4, T3, T6; T5, T2
- 30 gebildet, denen jeweils eine Freilaufdiode D1, D4; D3, D6; D5, D2 parallel geschaltet ist. Der mittlere Brückenweig T3, T6 wird jeweils in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung des Schwingers mit der Schwingfrequenz gesteuert. Zur Regelung der Schwingungsamplitude wird
- 35 jeweils einer der Transistoren T5 oder T4 mit einer höheren

Frequenz pulsbreitenmoduliert oder gemäß einer Toleranzbandregelung des Stroms angesteuert. Die Dioden D3 bzw. D6 des mittleren Brückenweiges sowie die Dioden D2 und D1 dienen dabei als Freilaufdioden. Einzelheiten zu den Leitend-Phasen der Halbleiterschalter werden später im Zusammenhang mit Fig. 4 erläutert.

Zunächst wird jedoch das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Fig. 3 vorgestellt. Das Diagramm a zeigt den zeitlichen Verlauf des Weges s des Schwingers, die Diagramme d und c den Verlauf der Ströme $i_L(2)$ und $i_L(3)$ der beiden Elektromagnete 2, 3 (Fig. 1). Während der ersten drei Halbwellen werden die Elektromagnete derart bestromt, dass die Schwingung unterstützt wird. Während der dritten Halbwelle, beispielsweise zum Zeitpunkt t_1 , erfolgt ein Befehl zum Bremsen, worauf in der folgenden Halbwelle eine Wartepause dadurch gebildet wird, dass keiner der Elektromagnete bestromt wird. In den folgenden Halbwellen, beginnend mit dem Zeitpunkt t_2 , wird dann jeweils der Elektromagnet bestromt, der die Schwingung bremst, so dass deren Amplitude abnimmt. Sobald die Amplitude einen vorgegebenen Wert 21, 22 unterschreitet, wird der Strom abgeschaltet, um eine gegenphasige Wieder-Anregung zu vermeiden.

Fig. 4 stellt ein Zeitdiagramm des Stromes i dar, sowie als schraffierte Flächen die jeweiligen Leitend-Phasen der Halbleiterschalter. Zur Bestromung des Elektromagneten 2 ist der Halbleiterschalter T6 während der entsprechenden Halbwelle der Bewegungsphase größtenteils leitend. Während dieser Zeit wird der Halbleiterschalter T5 getaktet, wobei das Tastverhältnis entsprechend der vorgegebenen Schwingungsamplitude geregelt wird. Jeweils nach dem Abschalten des Halbleiterschalters T5 fließt der Strom durch die in dem Elektromagneten gespeicherte Energie im

Freilauf über die Diode D2 und den Halbleiterschalter T6.
Nach Abschalten der Halbleiterschalter T5 und T6 fließt der
Strom über die Dioden D2 und D3 zurück in den Kondensator
und klingt wegen dessen Spannung sehr schnell ab.

5

In der folgenden Halbwelle wird der Elektromagnet 3
bestromt. Die Leitend-Phasen der Halbleiterschalter T3 und
T4 sowie der Dioden D6 und D1 entsprechen den Leitend-
Phasen der Halbleiterschalter T6 und T5 sowie der Dioden D3
und D2 in der vorangegangenen Halbwelle.

10

5

KLN Ultraschall GmbH, D-64646 Heppenheim

10

Verfahren und Anordnung zum Reibungsschweißen

15

Zusammenfassung

20 Bei einem Verfahren und bei einer Anordnung zum
Reibungsschweißen, bei welchen eines der zu verbindenden
Teile mit Hilfe eines elektromagnetischen Schwingers in
Schwingung versetzt wird, ist vorgesehen, dass nach einem
geregelten Anschwingen und einer vorgebbaren Schwingzeit
25 der Schwinger elektrisch abgebremst wird.

5 KLN Ultraschall GmbH, D-64646 Heppenheim

Ansprüche.

10

1. Verfahren zum Reibungsschweißen, bei welchem eines der zu verbindenden Teile mit Hilfe eines elektromagnetischen Schwingers in Schwingung versetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass nach einem geregelten Anschwingen und
15 einer vorgebbaren Schwingzeit der Schwinger elektrisch abgebremst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Anschwingen und das Abbremsen durch abwechselndes Bestromen zweier entgegengesetzt wirkender Elektromagnete erfolgt, dass in Abhängigkeit von der jeweiligen Bewegungsrichtung des Schwingers beim Anschwingen ein die Bewegung unterstützender Elektromagnet und beim Abbremsen
25 ein die jeweilige Bewegung hemmender Elektromagnet bestromt wird und dass während des Abbremsens bei Erreichen einer vorgegebenen Schwingungsamplitude die Bestromung abgeschaltet wird.

30 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Anschwingen und das Abbremsen jeweils kürzer als 80 ms sind.

4. Anordnung zum Reibungsschweißen, bei welcher ein
35 Schwinger vorgesehen ist, mit dem eines der zu verbindenden

Teile in Schwingung versetzt wird und der von entgegengesetzt wirkenden Elektromagneten angetrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgang eines die jeweilige Position des Schwingers (4, 5, 6) aufnehmenden Wegsensors (11) mit einem Eingang eines Reglers (12) verbunden ist, der ausgangsseitig an Eingänge einer Leistungsendstufe (13) zur Bestromung der Elektromagnete (2, 3) angeschlossen ist.

10 5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (12) die Leistungsendstufe (13) derart ansteuert, dass in Abhängigkeit von der jeweiligen Bewegungsrichtung des Schwingers (4, 5, 6) ein die Bewegung unterstützender Elektromagnet (2, 3) bestromt wird.

15

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abbremsen ein die jeweilige Bewegung hemmender Elektromagnet (2, 3) bestromt wird und dass während des Abbremsens bei Erreichen einer vorgegebenen Schwingungsamplitude die Bestromung abgeschaltet wird.

20

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungsendstufe (13) von einem ersten Brückenweig aus zwei in Reihe geschalteten Halbleiterschaltern (T3, T6) mit parallel geschalteten Freilaufdioden (D3, D6) und zwei weiteren Brückenweigen aus je einer Reihenschaltung eines Halbleiterschalters (T1, T2) und einer Diode (D4, D5) gebildet ist, dass die Spulen der Elektromagnete (2, 3) zwischen den Verbindungspunkt der Halbleiterschalter (T3, T6) des ersten Brückenweiges einerseits und jeweils einen Verbindungspunkt der weiteren Brückenweigen andererseits geschaltet sind, dass die Halbleiterschalter (T3, T6) des ersten Brückenweiges mit der Schwingfrequenz und die Halbleiterschalter (T1, T2) der

25

30

35

weiteren Brückenzeige pulsbreitenmoduliert oder toleranzbandgeregelt angesteuert werden, wobei sich je nach Regelzustand höhere Frequenzen als die Schwingfrequenz ergeben können.

5

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dioden (D4, D5) von Halbleiterschaltern (T4, T5) mit parallel geschalteten Freilaufdioden (D4, D5) gebildet sind.

10

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass von Arbeitszyklus zu Arbeitszyklus die Bestromung der Elektromagnete (2, 3) über die weiteren Brückenzeige vertauscht wird.

15

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Bildung eines Triggersignals zur Bestromung des jeweiligen Elektromagneten (2, 3) derart ausgebildet sind, dass das Triggersignal einen vorbestimmbaren Teil, vorzugsweise einem Viertel, einer Schwingungsdauer nach einem Nulldurchgang der Schwingung auftritt.

20

25

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (12) einen Integralanteil aufweist, der zu Beginn mit einem wesentlichen Wert vorbesetzt ist.

30

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwinger (4, 5, 6) einschließlich dessen federnder Lagerung (5) und der Werkstückaufnahme (6), der Wegsensor (11), der Regler (12), die Leistungsendstufe (13) und die Elektromagnete (2, 3) einen Schwingkreis bilden, dessen Resonanzfrequenz im Wesentlichen von der Eigenfrequenz des Schwingers (4, 5, 6)

35

einschließlich dessen federnder Lagerung (5) und der
Werkstückaufnahme (6) bestimmt ist.

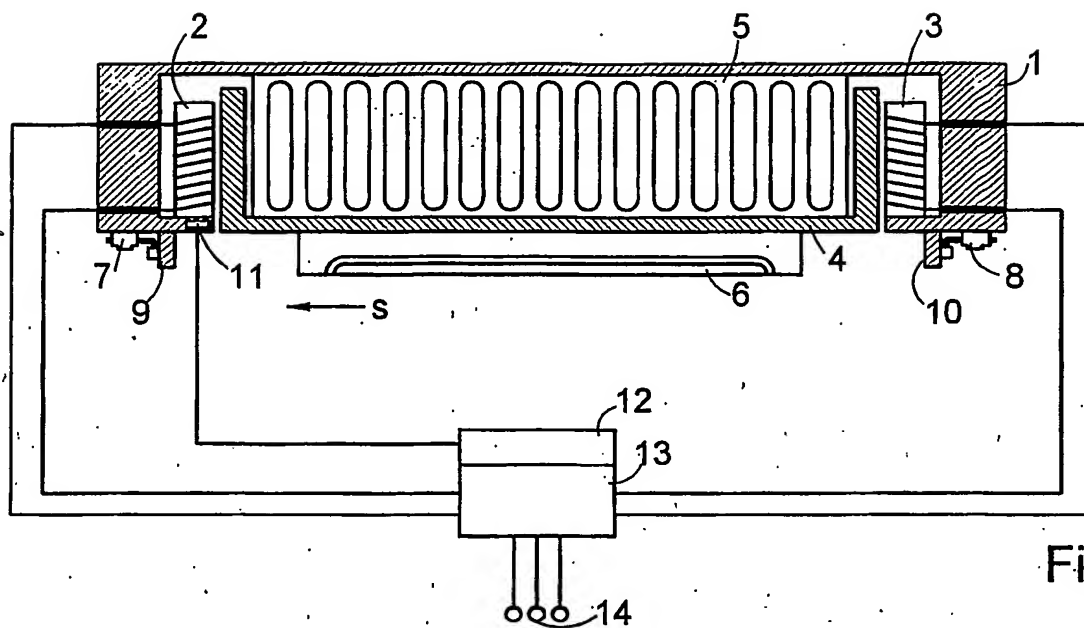


Fig. 1

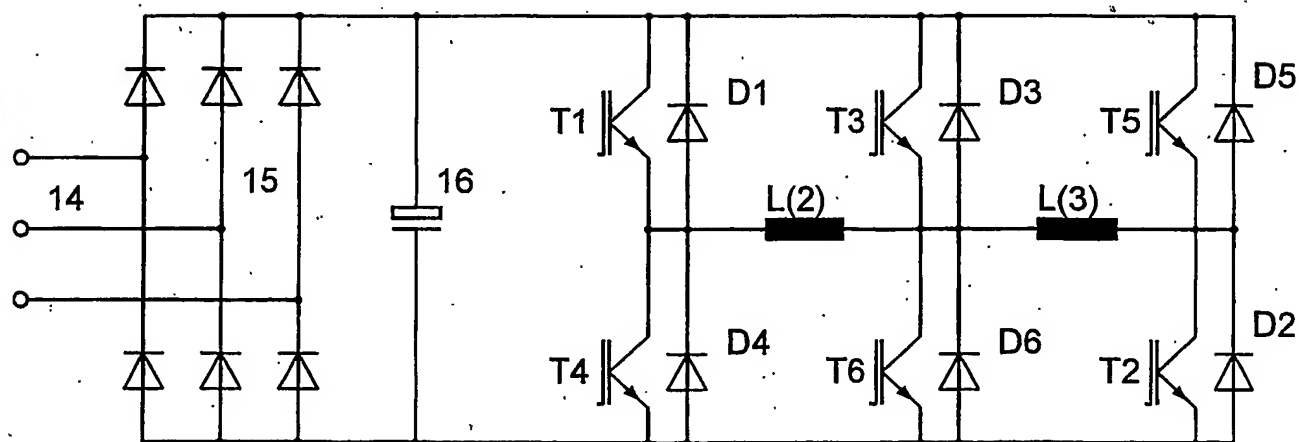


Fig. 2

3457 KL

2/2

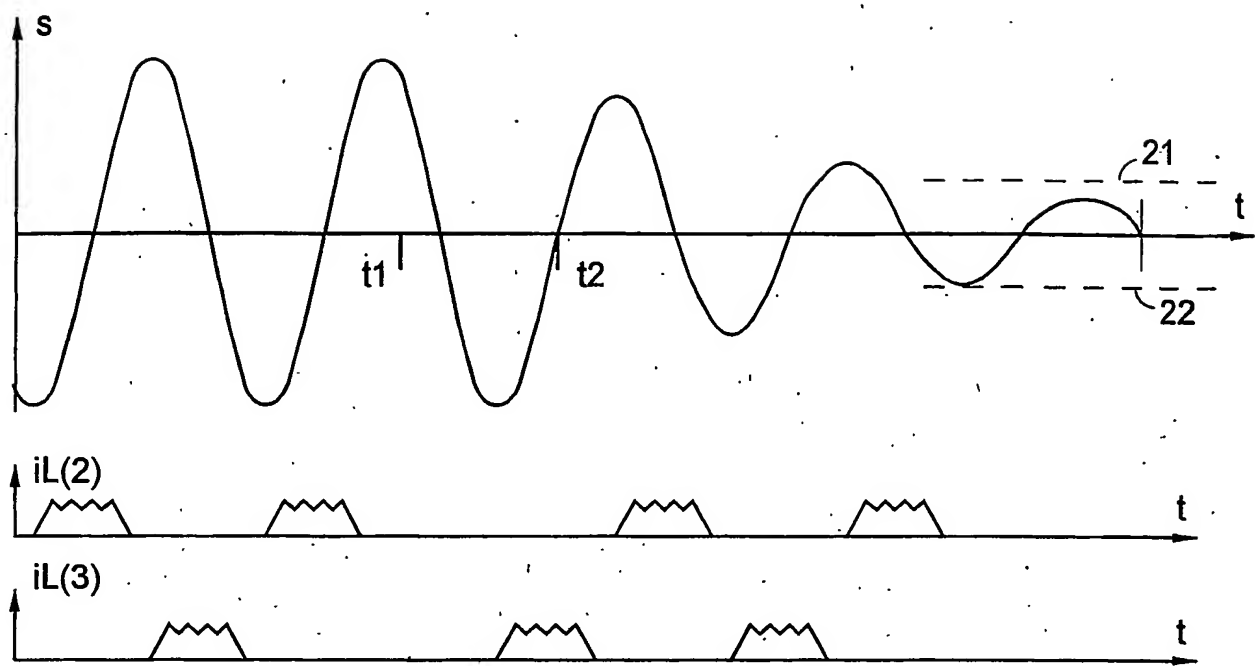


Fig.3

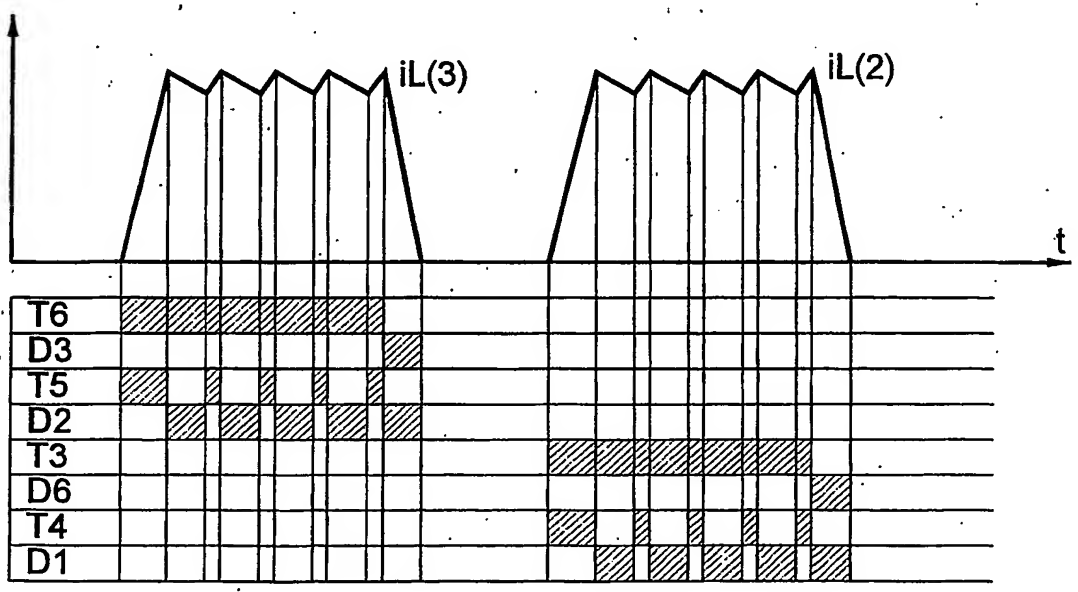


Fig.4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ ~~GRAY SCALE DOCUMENTS~~
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.